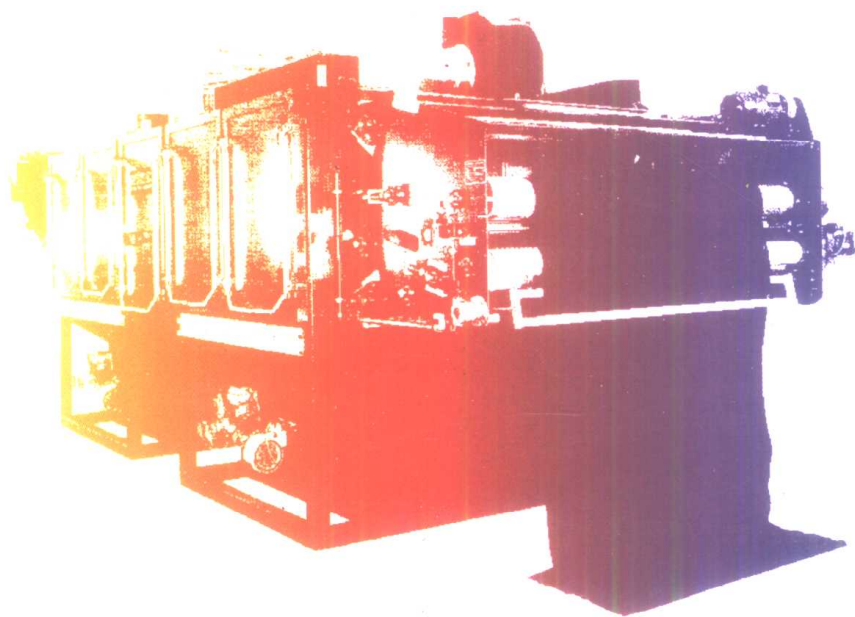


纺织新技术书库 **new** 21

# 纺织品

马晓光 主编

## 物理机械染整



 中国纺织出版社

纺织新技术书库②①

---

# 纺织品物理机械染整

---

马晓光 主编  
盖立斌 王金明 董振礼 编



中国纺织出版社

5)  
X  
X  
  
X  
X  
X  
X  
X  
X  
  
0  
0  
0  
0  
0  
  
)  
)  
  
)  
)  
  
)  
)  
)  
)  
)

## 内 容 提 要

本书系统地介绍了现代物理高新技术在纺织品染整加工中的应用,论述了目前新颖的和一些应用较为广泛的纺织品物理机械染整加工技术。如:超声波技术、高能电磁波辐射技术、低温等离子体技术在染整加工中的应用,纺织品的风格、柔软、绒面、纹面、绉面等物理机械整理,人造毛皮特种织物的物理机械加工以及毛织物的干、湿整理等等。本书面对生产一线,对设备结构、加工原理、工艺参数及影响因素、加工特点等做了详细的分析和阐述。

本书可供纺织染整企业工程技术人员、大专院校师生及科研院所相关人员阅读。

### 图书在版编目 (CIP) 数据

纺织品物理机械染整/马晓光主编. —北京:中国纺织出版社, 2002.6

(纺织新技术书库②)

ISBN 7-064-2299-9/TS·1573

I. 纺… II. 马… III. 纺织品—染整 IV. TS190.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2002) 第 020022 号

---

策划编辑:张福龙 责任编辑:张林娜 责任校对:楼旭红  
责任设计:何建 责任印制:刘强

---

中国纺织出版社出版发行

地址:北京东直门南大街6号 邮政编码:100027

电话:010-64160816 传真:010-64168226

http://www.c-textilep.com

E-mail:faxing@c-textilep.com

中国纺织出版社印刷厂印刷 各地新华书店经销

2002年6月第一版第一次印刷

开本:787×1092 1/16 印张:18.75

字数:384千字 印数:1—3000 定价:36.00元

---

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

书目: 纺织类·染整

	书 名	作 者	定价(元)
中 专 教 材	<b>【21世纪职业教育重点专业教材】</b>		
	染整助剂及其应用	罗巨涛	23.00
	染料化学	郑光洪等	28.00
	<b>【其它】</b>		
	印染概论	成国泰	12.00
	染整工艺学(一)	包德隆等	26.00
	染整工艺学(二)	侯永善	22.00
	染整工艺学(三)	吴冠英	25.00
	染整工艺学(四)	刘泽久	22.00
	生 产 技 术 书	<b>【染整新技术丛书】</b>	
染整新技术问答		周宏湘等	22.00
新编成衣染整		王益民等	18.00
新合纤染整		宋心远	18.00
染整织物短流程前处理		徐谷仓	20.00
织物的功能整理		薛迪庚	15.00
<b>【电脑应用丛书】</b>			
计算机测色与配色新技术		徐海松	9.00
电子分色制版新技术		王授伦	11.00
<b>【纺织新技术书库】</b>			
染整节能		徐谷仓等	25.00
纺织品生态加工技术		房宽峻	18.00
Lyocell 纺织品染整加工技术		唐人成等	28.00
<b>【其它】</b>			
禁用染料及其代用(第二版)		陈荣圻	36.00
印染技术 350 问		周宏湘	18.00
新型染整技术		宋心远	38.00
真丝绸染整新技术		周宏湘	20.00
纺织品整理剂的性能与应用		董永春等	24.30
毛纤维新型整理技术		姚金波等	20.00
圆网印花产品疵病分析及防止	胡木升	12.00	

注:若本书目中的价格与成书价格不同,则以成书价格为准。

中国纺织出版社发行函购部电话:(010)64158225—3016

发行门市部电话:(010)64168231

## 前 言

面临 21 世纪日趋严重的环境污染问题，“绿色”作为无污染的代名词，成为人们追求的目标。一股“绿色浪潮”在纺织品领域受到人们的极大推崇，对“绿色纤维”、“绿色纺织品”以及“清洁生产工艺”的开发已迫在眉睫。在现代纺织工业中，纺织品的化学染整加工为一典型的污染源，其所带来的生态污染问题是纺织生态问题中最为严重的。随着纺织品染整加工技术的不断发展，新型染整技术及设备的不断涌现，作为染整加工的一个重要分支，纺织品的物理机械染整加工以其独有的不污染环境并可赋予纺织品优良的服用性能及风格的特点，越来越受到人们的青睐，引起人们的极大关注。

与化学染整加工相比，纺织品的物理机械染整加工属于非化学生产，不使用化学染整试剂，对环境无污染，特别适于改善生态环境、解决和缓解当前日趋严重的环境污染问题。它的工艺繁多，适于多品种，可赋予纺织品独特的性能和风格，提高产品附加值，且多数是化学染整加工所不能及的。另外，纺织品的物理机械染整加工工艺相对简单，流程短，节能降耗，利于降低成本。

纺织品物理机械染整技术近年来有较快的发展，“从化学角度看问题，用物理方法解决问题”是当前纺织品染整加工的趋势，国内外对通过物理机械方法改善织物手感、外观和风格的研究与开发日渐增多，在纺织品染整加工中占有十分重要的地位，特别是在当今这股强劲的“绿色浪潮”冲击下，研究开发、推广纺织品物理机械染整加工技术有着极其重要的意义。为适应这种形势的需要，我们在进行广泛的调研和查阅大量国内外相关文献资料的基础上，编写了本书，它将更加突出目前新颖的现代物理技术在染整加工中的应用（如超声波、电磁波辐射、低温等离子体的

应用等), 突出特种织物的物理机械加工技术(如人造毛皮等)及市场流行面料的物理机械加工(如风格及绒面、绉面、纹面加工等)。总体突出面向新技术、面向市场及新颖实用的特色。

由于该领域涉及面广, 收集资料尚不足, 加之时间有限, 本书的内容还只能是当前纺织品物理机械染整加工技术发展中的一个缩影。由于水平有限, 书中难免有错误和不足, 敬请读者给予批评指正。

本书在编写过程中, 得到了专家学者及生产厂家的大力支持, 在此一并致谢。

本书第一章的第一节、第二节, 第二章, 第三章, 第四章, 第五章由马晓光编写; 第一章的第三节由董振礼、马晓光编写; 第六章由盖立斌编写; 第七章由王金明编写; 全书由马晓光统稿。

编 者

2002年4月

# 目 录

第一章 现代物理技术在染整加工中的应用 .....	1
第一节 纺织品超声波染整加工 .....	2
第二节 纺织品电磁波辐射染整加工 .....	15
第三节 纺织品低温等离子体染整加工 .....	32
第二章 风格及柔软加工 .....	65
第一节 风格整理 .....	66
第二节 机械柔软整理 .....	76
第三章 绒面加工 .....	83
第一节 起绒整理 .....	84
第二节 磨毛整理 .....	113
第四章 光面、纹面加工 .....	131
第一节 轧压整理 .....	132
第二节 绉面整理 .....	148
第五章 形态稳定加工 .....	153
第一节 热定形 .....	154
第二节 机械预缩整理 .....	177
第六章 毛绒织物物理机械加工 .....	187
第一节 概述 .....	188
第二节 毛绒织物的剪毛 .....	190
第三节 毛绒产品的热定形整理 .....	199
第四节 毛绒织物的刷毛整理 .....	208
第五节 人造毛绒产品的滚绒整理 .....	212
第六节 人造毛皮产品的烫光整理 .....	219
第七节 人造毛皮新产品的发展简介 .....	226
第七章 毛织物干、湿加工 .....	229
第一节 毛织物的湿整理 .....	230
第二节 毛织物的干整理 .....	262
参考文献 .....	285

---

## 第一章

---

# 现代物理技术在染整 加工中的应用

---



## 第一节 纺织品超声波染整加工

### 一、超声波简介

1. **超声波的概念** 不同频率的振动传输到人耳中，引起对鼓膜的刺激而形成了对高低不同音调的感觉，这就是我们所能听到的声音。在我们生活的空间里存在着各式各样的振动，自然界就像一个庞大的声场，有些我们能够听得到，有一些我们不能感知，这取决于振动的频率。与太阳光谱按我们的感知可分为可见光（红→紫）和不可见光（红外与紫外）一样，我们也将能够听到的和不能够听到的声音总频谱做一个划分，见表 1-1。

表 1-1 声音总频谱

声波名称 性能特征	次声波	音频声波	超声波
振动频率 (Hz)	< 20	20 ~ 20000	> 20000
感知状况	无听觉	有听觉	无听觉

由此可知，超声波就是声波的一种，只是振动频率很高，超出了人类所能感知的范围，它具备和符合普通音频声波的一般性质和规律，同时又具有自己独特的性能和特点，为人们所广泛利用。

2. **超声波的传播** 与普通音频声波一样，超声波是在气体、液体和固体等弹性介质中传播的机械波。

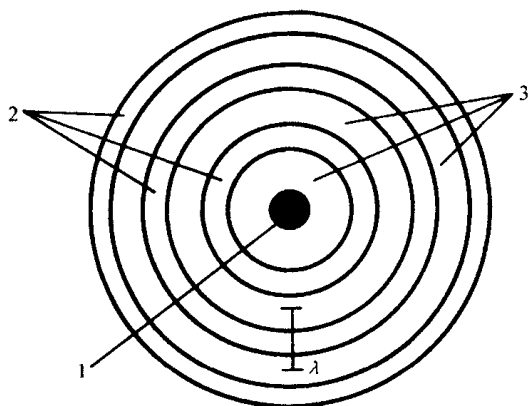


图 1-1 超声波传播示意图  
1—超声源 2—压缩区 3—稀疏区  
λ—超声波波长

为了便于说明，我们用一个可周期性膨胀与收缩的（弹性）球表示一个超声波源，球的周围充满了弹性介质，如图 1-1 所示。

在振动过程中，弹性球做着膨胀与收缩的周期往复运动。当球膨胀时，它压缩与其相邻接的一层介质，而这层介质又将同一压缩传递给邻接的下一层介质，如此递推，最终此压缩传遍于全部介质空间。当球收缩时，与其直接相邻接的曾被压缩的那一层介质又会被拉伸而变得稀疏，同样通过各层介质间的联动，这一稀疏也要传遍整个介质空间。如

此呈周期性反复，不断进行着这种压缩和稀疏的交替，并向介质空间各个方向传递。由此形成了超声波的传播。

在超声波的传播中，两个相邻的压缩或两个相邻的稀疏之间的距离为波长。在超声波传播辐射过程中，声源要对外做功。把单位时间里由超声源向外辐射出的能量称为超声波的功率。单位时间内通过垂直于声波传播方向的单位面积上的平均能量称为声强。按声强的大小超声波又可分为低强度超声波和高强度超声波，在染整纺织品加工中应用的一般为高强度超声波。超声波 1s 内完成压缩与稀疏的振动的次数称频率。

与普通音频大的声强声波相比，超声波具有高的频率，短的波长，大的声强。声强  $I$  的计算公式为：

$$I = \frac{1}{2} (A^2 \omega^2 \rho v)$$

式中： $\rho$ ——介质密度；

$A$ ——振幅；

$\omega$ ——频率；

$v$ ——声速。

由公式可知，声强与频率的平方成正比，超声波频率越高，声强越大，可以产生很大的功率，近代超声波技术能够产生几千瓦的功率。

超声波传播空间中的任一点在某一时刻具有的压强  $P_1$  与该点没有超声波存在时的静态压强  $P_0$  之差，称为（超）声压  $P$ ，其中  $P = P_1 - P_0$ 。声压  $P$  的计算公式为：

$$P = \frac{1}{\sqrt{2}} (A \omega \rho_0 v)$$

式中： $\rho_0$ ——静态介质密度。

可以看出声压与频率成正比，超声波频率越高，声压越大；由于超声波的频率要高于普通音频声波，故其声压也大于普通音频声波的声压。

超声波的传播依赖于介质，在真空中是不能传播的。在传播过程中，超声波的能量可部分被传播介质吸收，被吸收能量的多少与介质有关：气体介质吸收超声波能最多，液体次之，而在固体中超声波能被吸收的最少。此点与电磁波恰好相反。超声波传播时介质粒子的振动方向可垂直于波的传播方向，称为横向波；也可平行于波的传播方向，称为纵向波。在固体内横向波、纵向波均可传送，而在气体和液体中只有纵向波可以传送。同样，超声波的传播速度也取决于介质性质和种类；在密度大或弹性大的介质中，传播速度快，反之，则具有较慢的传播速度。此外超声波的传播速度还与介质温度、压强及介质含杂状况有关。一般在空气中传播速度较慢（约为 340m/s），在水中传播速度较快（约为 1500m/s），而在固体中，特

别是金属材料中，传播速度最快（约为 5800m/s）。从以上分析来看，用超声波对纺织品进行染整湿加工是最为合适的。

**3. 超声波的集束与聚焦** 我们知道光可以形成光束，当可见光线照到一定体积的不透明物体时，不能绕过物体而被物体所阻挡，会在屏幕上留下物体的阴影。而声波能否也像光波那样形成声束而使物体留出声影呢？这实际上取决于波长与阻碍物的大小。当声波长大于或接近阻碍物的线性长度时，声波便可绕过阻碍物，传向四周而不留影子；反之当波长小于阻碍物的线性长度时，声波则被阻碍物阻碍，而留下影子（即声影）。

音频声波波长从几十厘米至几米，因而一般的物体对音频声波是不会构成阻碍的，更不能形成声影。而超声波的波长要短得多，数量级在几毫米，甚至更短，因此它与光波类似，可以产生声影，像光束一样，我们可以得到窄束的超声波，此过程称为集束，这种窄束称为超声束。

实践表明，超声束与光束在传播性质上有很多类似的地方，如超声束在入射到两种介质的界面时，也会产生入射束、反射束和折射束，而且符合几何光学的规律，并和光束一样，人们也可通过声透镜对超声束进行聚焦，将超声波全部能量聚集到一个不大的范围内和所需要的方向上，减少能量耗费，提高超声波强度。超声束的更优越之处还在于它既可在透明的介质中传播，也可在不透明的介质中传播，便于利用超声束研究、加工不透明的物体。

通常从超声波辐射器发射出来的超声波，强度和功率均较低。而实际应用过程中，一般都需要超声波具有较大的功率和声强度，因而往往需要对超声波进行聚焦，以将能量集中使用。聚焦的方法有多种，如可采用声凹面镜法、声凸透镜法、聚焦辐射器法等给超声束聚焦。聚焦辐射器有抛物面式、管式、球面式、半柱面式等等。超声束经聚焦后，声强可以增大数十倍，可提供巨大的声场密度。一般聚焦点的直径近似等于超声波波长，因此振动频率越高，聚焦点的直径越小。

**4. 超声波的“空化效应”** 高强度超声波在液体中传播时，能够产生能量的激化和突发，这就是著名的超声“空化效应”。

超声波在液体中传播时，液体中某一点 A 要受到交变的声压与该点处液体静压力的综合作用，我们知道当液体静止时，A 点处的静压力与液面高度  $h$  和液面上的大气压  $P$  有关，见图 1-2。为了便于分析，假定 A 点位于液面附近， $h \approx 0$ ，此时 A 点处静压力近似为外界大

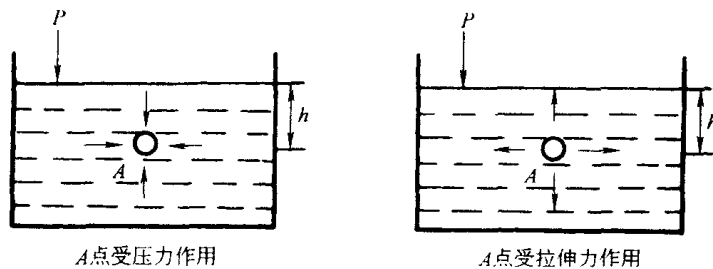


图 1-2 液体中的 A 点在超声场中的受力状态

气压力即 101.33kPa。当液体中有超声波传播时，液体介质要做压缩与稀疏的周期振动，超声波交变的声压也要叠加在 A 点处，我们假定声压为 50.66kPa。那么当处于压缩阶段时，A 点处总压力为 151.98kPa；当处于稀疏阶段时，声压变向，A 点处总压力为 50.66kPa。改变声压，A 点在压缩和稀疏阶段所处的压力状况如表 1-2 所示。从表 1-2 可知，在所示的声压变化范围内，A 点在压缩阶段均受压力作用，但在稀疏阶段 A 点的受力性质却随声压的变化有所改变。在稀疏阶段，当声压小于 101.33kPa 时，A 点处受压力作用；当声压等于 101.33kPa 时，A 点处不受力，处于零压力状态；当声压大于 101.33kPa 时，A 点处受力性质由压力转变为拉伸力，且随着声压的增大拉伸力也加大。

表 1-2 A 点在压缩和稀疏阶段所受的压力变化情况

阶段 \ 声压 (kPa)	50.67	101.33	152	202.66
压缩	152	202.66	253.33	303.99
稀疏	50.67	0.0	-50.67	-101.33

液体对这个拉伸力的作用极为敏感，也就是说当超声波在稀疏阶段通过液体时，拉伸力的作用会将大量液体撕裂，并形成大量极其微小的气泡，即空化泡。这些空化泡虽迟早要膨胀破裂，但它们有的存活时间极短，仅存于压缩与稀疏振动的半个周期内，有的却可以保持相对较长的时间不破裂，存活时间达几十个甚至几百个周期。当这些巨量的空化泡破裂时，能释放出巨大的能量，可以产生高达几百个大气压的局部瞬间压力，形成冲击波，并可使液体温度升高，这就是高强度超声波特有的“空化效应”。由这个“空化效应”所造成的冲击波，可以使处于其作用范围内的固体表面及液体介质受到极大的冲击力作用和机械的“破坏”，它的能量足以打断很强的化学键结合，使超声波具备了许多可被广泛利用的特殊功效，这也是超声波能被应用于染整湿加工的理论基础。

研究表明液体的撕裂将首先发生在介质相体不均匀处，通常是气泡杂质微粒存在的区域，被称为空化核。

“空化效应”的产生及其“破坏”程度与超声波的频率、强度、液体温度及种类等多个因素有关。铝材表面在不同液体中受“空化效应”破损程度与温度的关系曲线如图 1-3 所示。空气（或其他气体）在液体中的溶解状况对空化破损程度有很大影响。当液体温度升高时，气体溶解度降低，溶解的气体以气泡形式被释放出来，空化核数目增多，故空化破损程度增大。从图 1-3 中可以看出，随着温度的提高，空化的破损程度增大，但存在一个最大值。达到最大值后，破损程度随温度的提高反而下降。这可能是由于温度过高，液体蒸汽及溶解在液体里的空气弹性增大，并向空化泡扩散，对空化泡的破裂形成压制作用，抑制了空气泡的破裂，而不能形成强大的冲击波，冲击力大大降低，因而达到最大值后，继续升高温度，破

损程度要下降。不同的液体对应不同的峰值温度和最大破损程度值，水在温度为 50℃ 时，产生的“空化效应”最为强烈，破损程度最高；同时也可以看到在同一温度下，水的空化破损程度要远大于其他有机溶剂，这是由于空气在水中的溶解度较小，水中空气微小气泡较多，而易于诱发“空化效应”的缘故。

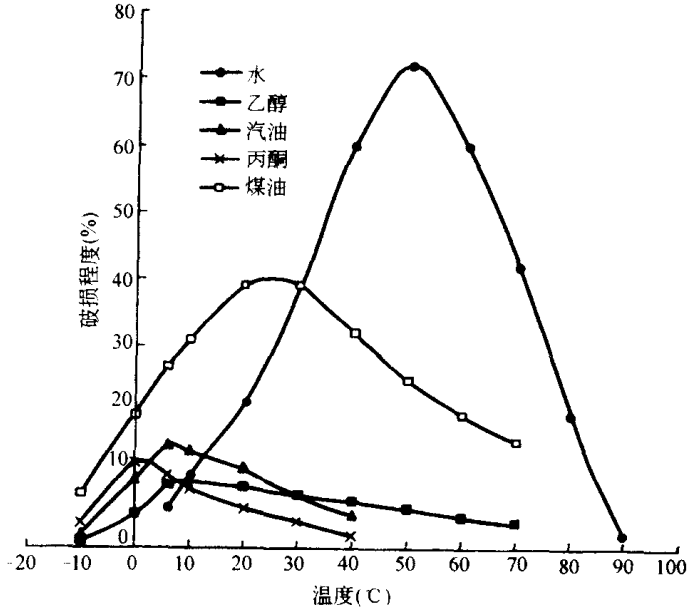


图 1-3 不同液体的“空化效应”破损程度与温度的关系

实践证明，通过调节参数，我们可以对超声波的“空化效应”予以合理控制，对“破坏”性强度予以调节，使得“空化效应”可以被各个行业领域所利用，超声波加工技术被合理开发。超声波“空化效应”就是通过这种参数调节手段被应用到染整湿加工上的。

**5. 超声波的产生** 在我们周围的环境中充满了超声源，大自然本身就是一个天然的大超声场。风声、海浪拍击声、火车的噪声等都有超声波的存在，许多昆虫、动物都可发出超声波，这些都是被实践证明了的。但天然的超声波强度和功率一般都很小，只是在某些特殊的环境中，才会有高强度的超声波。如：喷气式飞机的噪声，大型工程机械的噪声等等。哪些真正可以应用于各种领域中的超声波还需要用特定的超声波辐射器发射出来。

目前的超声波辐射器主要有机械型、电磁型和电磁—机械型。

机械型超声波辐射器，成本低，结构简单，易于操作，但它产生的效率较低，发射功率也较低。

电磁—机械型超声波辐射器又可分为：电动式、磁致伸缩式和压电式三种。这类辐射器可以发出频率很高的超声波，发射功率也较大，工作状态很稳定。在它的结构中无需气体流或液体流，也没有任何转动部件，体积可以做得很小，但它的成本较高，操纵较复杂。在染整加工中以磁致伸缩式超声波辐射器最为适宜，它发射出的频率在 20kHz~150kHz 之间。

## 二、超声波在染整加工中的应用

### (一) 超声波基本性能与染整加工

强超声波在周期性的压缩和稀疏传递过程中,能产生高能的“空化效应”,空化泡的膨胀与破裂会引起一系列的力学、热学、化学等方面的反应。单个粒子在强超声场内可以获得巨大的能量和加速度,可以引起液体的剧烈搅拌并产生超声喷泉现象。强超声波对物质及加工介质一系列综合作用,对纺织品的染整加工有着十分重要的意义。染整加工中所涉及到的强超声波的性能作用,主要有以下几个方面:

**1. 分散、稳定作用** 可以利用空化泡膨胀及破裂时产生的巨大压力和拉伸力来粉碎和冲击颗粒物质、分散相及分散介质,使颗粒或液滴更为细小,所得悬浊液或乳浊液更加稳定。

在染整加工中,染料的聚集状态对染色效果有直接的影响。染料的上染必须以单分子态来完成。染液中染料分子或离子的聚集体颗粒越细小,染料消耗越少,所得到的颜色越鲜艳、饱满,牢度越好。为了证明超声波粉碎颗粒的作用,在国外有人用颗粒大小分布不均匀的分散染料做了实验。这些染料中约有50%颗粒直径小于 $1\mu\text{m}$ ,有30%左右大于 $20\mu\text{m}$ ,经过50kHz、150W的强超声波处理15min后,有90%的颗粒直径小于 $1\mu\text{m}$ ,而只有不到2%的颗粒直径大于 $20\mu\text{m}$ 。显然经超声波处理后,染料颗粒明显变小了,而红外光谱分析实验表明染料的分子结构却没有发生任何变化,仅仅是聚集态的改变,这也表明超声波对染料有很好的解聚作用,从而使染料在分散介质中分布更均匀,悬浊液更稳定。

在染整加工中,经常要用到各类乳浊液,特别是在后整理工序中,整理剂工作液等乳浊液的分散状态与稳定性对加工效果有很大的影响。超声波处理是产生稳定乳浊液的极佳方法之一,它可以得到大小均匀、极为微小的油滴,使得乳浊液相当稳定,能保持很长时间。由于微小的油滴比表面积很大,因而使得染化药剂与纤维间化学反应进行得快而变得容易。应特别指出的是,一般的乳化方法只能获得比重相近的两种不互溶液体的乳浊液,而只有超声波可将比重相差甚远的两种互不溶液体乳化、稳定分散。超声波这种极佳的分散乳化作用,在染整前处理的精练过程中,也具有十分重要的意义。

**2. 均化作用** 超声波空化泡的膨胀与破裂可以产生强大的力学效应,不仅可将分散在液体中的颗粒粉碎,还可使分散相与分散介质、溶剂与溶质快速均匀地混合,以使在整个工作液体系中,不产生浓度梯度或浓度差,此称为超声波的均化作用。

在染整加工中,随着生产过程的进行,在织物纤维表面附近的工作液浓度要低于主体工作液的浓度而产生浓度梯度,这将降低染化药剂与纤维表面接触而发生物理、化学反应的效率,使得染整效果受到影响。为使工作液均匀,传统的方法是采用简单的机械搅拌以及靠浓度梯度的自发迁移的方式。这些方法往往操作不方便,所需时间相对较长,均匀化速度慢。若在染色过程中配以超声波处理,强大的冲击波对工作液形成剧烈搅拌,产生“超声喷泉”

现象，使工作液体系瞬间同化、均匀，而保证了良好的染整加工效果。

超声波在化、配料过程中也可使各类染化药剂在极短的时间内稳定分散、均匀混合。

**3. 破坏边界层作用** 当液体与固体接触时，液体沿液—固界面附近的流动速度要远低于液体主体流动速度，而且在界面处的流动速度趋于零，这是液体的粘滞性所决定的。液体的这种粘滞作用，使得在固—液边界面上形成了一个边界层，它就像贴在边界面上一样。在边界层内，液体的流动极为缓慢，几乎趋于停滞状态。边界层的厚度与液体粘度、固体表面光滑性以及液体主体的流动速度等因素有关。由于这个边界层的存在，阻碍了液体主体与固体表面的接触，对固体表面形成了封闭作用。

从染整加工上看，染液（或其他工作液）与织物纤维表面同样存在着扩散边界层，阻止着染料向纤维表面的扩散，对染料的上染速度有很大的影响。

超声波的“空化效应”，使得固体或纤维表面受到极大压力的冲击，强大的激流使得边界层被打破，因而改变了液体在固体表面的流动状态。染色时经超声波处理，随着扩散边界层的打破，消除了染料向纤维表面扩散的障碍，使得染料的上染易于进行。

**4. 加速扩散作用** 实践表明，超声波可以加速液体向具有多孔性疏松结构的物质内部扩散的进程。这个特性对于纺织品染整加工及皮革的鞣制与上色等有着十分重要的意义。

有报导说，在超声波的作用下，皮革的熟化过程可以从 10h 缩短至 2h，鞣制过程可从 10h 缩短至 4.5h，染色过程可从 4h 缩短至 1h。

由于超声波“空化效应”的影响，液体中的分散相（颗粒或油滴）被充分“击碎”，变得极其微小，使得它们易于运动，扩散系数增大，扩散速率加快，可进入到纤维物质内部；同时又由于比表面积的增大，加速了它们在纤维内部的化学反应；而超声波对扩散边界层的破坏，更加促使这些微小粒子向纤维物质内部加速扩散。从染色过程来看，超声波能够促进染料上染，打破染料上染时的阻碍层，加速了主体染液在纤维表面区域的交换和补充，促进染料向纤维内部的扩散；同时超声波还能降低染色活化能，使纤维变得易于上染。如：超声波可使人棉的上染速率提高 30%~40%。

特别提及的是，超声波可能会增大无定形区域，提高大分子链段的活性，使侧序度降低，分子结构变得相对“膨化、疏松”，另外还可能使纤维的结晶度和取向度降低。所有这些，使得原本很难上染的合成纤维（如涤纶等）变得相对容易染色，纤维的可染性大幅度提高。

**5. 除气作用** 在超声波的作用下，溶解残留在液体中的小气泡，呈周期性的压缩和膨胀，自身引起振动，这种高频振动的结果，会导致气泡之间相互吸引，并彼此结合在一起，形成大的气泡，从体系中排出。

在染整加工中，超声波的这种除气作用，可将织物纤维毛细管及经纬结点处溶解、截留的空气（或其他气体）从织物内部赶至工作液中，并连同工作液原有溶解的小气泡一起排出

至大气中，从而有效地消除了由于各类气体（泡）的存在，对纺织品染整加工带来的影响，进一步增强了工作液对纤维的渗透和润湿作用，有利于工作液与纤维的充分接触和纤维对于染化料的吸收，使染整加工效率和效果得到提高。超声波的这种除气作用对于厚密织物的染整加工，显得尤为重要。

**6. 清洗作用** 超声波空化泡在破裂瞬间，对浸在液体内的固体物质表面形成的强大的冲击和破坏，可以去除固体表面上的各类污垢层，且去除效率之高是一般洗涤剂远不能及的。当所用洗涤剂不能与污垢物质发生化学反应时，超声波特有的清洗作用的优越性就被充分地体现出来了。

超声波的去污清洗被称为“爆炸型”的剥离过程。它首先可使污垢层（或膜）产生大量的裂缝，然后在空化泡进一步连续作用下，形成大量碎片，并使之成片剥落而进入液体中。借助超声波的分散、稳定作用，脱落的较大污垢块又继续被超声波粉碎成极小的颗粒（或油滴），被稳定地分散在液体中，完成污垢的溶解过程。超声波清洗的最大优点是清洗速度快，效率高，可获得很高的净洗质量。另外简便、成本低也是其一大特点。它被广泛应用于精密零件、电子仪器仪表、光学器件的清洗，在轻、化工生产中超声波的清洗作用也被广泛应用。

在染整加工中，利用超声波的清洗作用，可进行苧麻纤维的脱胶、羊毛纤维的脱脂，对于天然纤维的蜡质、果胶、高级醇及脂肪类非水溶性有机物乃至纺织品上的淀粉和化学浆料均有良好的去除作用，对于辅助前处理的精练加工，提高精练效果有着十分重要的作用。对于染整后处理水洗过程，超声波清洗可以大大提高水洗效率，配合超声波的其他性能，可使水洗更为彻底，水洗质量大幅度提高，更能达到节水、节耗的目的。

**7. 热效应** 超声波的高频振动可引起水分子的极化，导致水分子不断取向，产生热运动；空气泡的破裂给毗邻液体造成巨大的压力，将使部分动能转换成热能，强大的超声场被液体吸收后也会将部分能量转变成热能。所有这些综合的效果，最终可使处于超声场中的液体温度大幅上升。

染整加工中，工作液温度是一个重要参数。在通常情况下，提高温度是使纺织品获得良好的染整加工效果的重要手段。利用超声波处理产生的热效应，实现超声波升温，提高工作液温度，在增强精练效果、加速染料上染等方面有着十分重要的意义。

从以上的论述可以看出，纺织品染整加工中的许多工序都能涉及到超声波种种特性的应用，如染整工作液的配制、精练前处理、染色、水洗后处理等等。其中可以是超声波某一性能单独起作用，但更多的是各个性能综合作用的结果。超声波对于染整加工的多种促进作用及对产品质量的改善和提高，已被实践所证明。国内、外有很多人从事这方面的研究工作，焦点集中在工艺参数和影响因素的探索以及生产实施过程中的一系列难题的解决，并取得了



一些可喜的成果。目前认为超声波在纺织品染整加工中的功效主要有：

(1) 改变纤维高分子材料表面及微结构。如前所述，强超声波在液体中产生“空化效应”，形成空化泡或气穴。空化泡在闭合或破裂时，可以产生几百个大气压的局部瞬时压力。形成的冲击波可使作用范围内的固体表面受到剧烈的冲击和损伤，损伤程度的大小与超声波强度、液体介质种类、温度、时间等因素有关，也就是说“空化效应”对固体表面的损伤程度是可以通过合理调节各影响参数予以控制的。从染整加工的角度出发，合理利用超声波的“空化效应”，按需要对纤维高分子材料表面进行一定程度刻蚀或糙化是我们最感兴趣的工作，它可以使纺织品的染整加工易于进行，并可获得具有某些特殊功能的纺织品。

有资料表明，超声波糙化处理，可以引起纤维的原纤化，提高纤维的比表面积，当频率达到 100kHz 以上时，还可能导致大分子断链，聚合度下降。

羊毛纤维经超声波处理后，观察其表面，发现羊毛鳞片变钝，尖部受损，鳞片层之间有开裂现象，从而说明了超声波对羊毛纤维表面的刻蚀作用。羊毛鳞片的这种损伤可降低羊毛的定向摩擦系数，赋予羊毛防毡缩性能；同时由于膨润性的增加，提高了羊毛的可染性。红外光谱分析表明，羊毛纤维经超声波处理后主要官能团吸收峰无明显变化，但相应基团的波数有所提高，这说明超声波处理可削弱分子间作用力及分子内的氢键。

由超声波引起的“空化效应”，对纤维的超分子结构也有一定影响。国外学者认为，由于在纤维微结构中存在某些不均匀性和不确定因素，使得超声波处理对纤维结晶的进程有一定的削弱作用。在纤维微结构中有能量集中，使结晶中心及体积较大的晶体受到机械冲击，导致晶区“开裂”，晶体单元间产生滑移，且裂缝逐步扩展，产生新的表面。纤维微结构的这种变化，扩大了染料分子的可及区域，提高了染料对纤维的吸附和上染能力。有关超声波对纤维微结构的影响，目前尚无定论，尚需进一步的研究和证明。

(2) 提高前处理精练效果。由超声波的“空化效应”而产生的分散、乳化及净洗作用，对染整前处理加工有着良好辅助作用，在不同方面能够促进和改善退浆、精练和漂白的效果。

通过超声波的净洗作用，能促使织物上的淀粉及化学浆料膨化、剥离，特别是对一些用常规方法难于去除的浆料，用超声波处理可获得良好的退浆效果。在棉织物退浆过程中，配以超声波的作用，结果发现退浆率有一定程度提高，并可减少染化药品的用量，降低处理温度，削减能耗，而退浆后织物获得的白度和润湿性均在常规退浆方法之上。国外有资料报导，超声波有助于棉织物的双氧水漂白，其实验结果表明超声波可降低双氧水的分解率，提高漂白剂的利用率，可使织物获得更高的白度。在达到相同白度值的前提下，与常规双氧水漂白工艺相比，超声波漂白消耗小，可明显减少试剂用量，并具有相对较低的漂白温度，在漂白时间上也明显缩短。对于提高白度值，提高生产效率，节能、节耗、降低成本有着积极的意义。国内学者在对羊毛纤维超声波条件下的氧漂进行研究时也得到了类似的结果。